

# 公共ブロードバンド移動通信システムの 多段中継伝送について

(第2回作業班 ご指摘事項等反映版)

平成29年1月24日  
公共ブロードバンド移動通信システム  
高度化作業班事務局

- 公共ブロードバンド移動通信システムの検討にあたり、情報通信技術分科会及び陸上無線通信委員会において以下のようなご指摘をいただいたところ

【情報通信審議会 情報通信技術分科会(第123回) 三瓶委員】

例えば(分割数を)2つと3つと比較をしてしまうと、こちら側、例えばスループットが高い、低いという議論はあまり成り立たなくて、違う条件でやっているから違うとしかならないはずです。蓄積型の部分も時間分割ですが、時間分割と周波数分割は、例えばFDDとTDDのように効果は同じです。多分、変に比較してしまうと、誤った結論になってしまう気がします。

【情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会(第34回) 安藤主査】

海上利用でも多段中継利用でも、伝送距離は重要であるので、明確にすべきではないか。中継しない場合の距離と多段中継する場合の距離の両方が示されていると、多段にする理由がわかりやすい。

海上利用についても、どれくらいのことまでを実現したいのかを明確にすると良いのではないか。



⇒ 上記ご指摘を踏まえ、以下の検討を行う

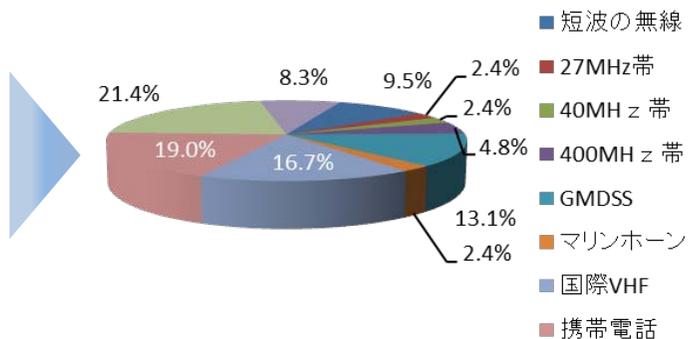
- ・ 使用する帯域幅を狭くする形の多段中継方式に関して、利用者ニーズ等を踏まえた効率的な分割数
- ・ 要求条件の明確化

○ 海上利用に関するニーズの把握について、海上で無線局を運用している国の機関(16者)に対してアンケートを実施  
 <アンケート結果(抜粋)>

### 現在ご使用中の、無線通信システムを教えてください (複数回答可)

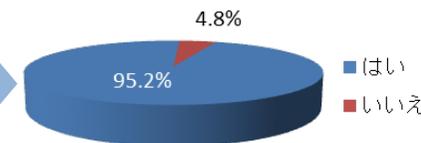
通信機器の状況	
短波の無線	8
27MHz帯	2
40MHz帯	2
400MHz帯	4
GMDSS	11
マリンホーン	2
国際VHF	14
携帯電話	16
衛星通信	18
その他	7
計 注)	84

注) その他: 150MHz帯



### 今後海上でのブロードバンド通信利用を期待しますか?

ブロードバンド期待度	
はい	20
いいえ 注)	1
計	21



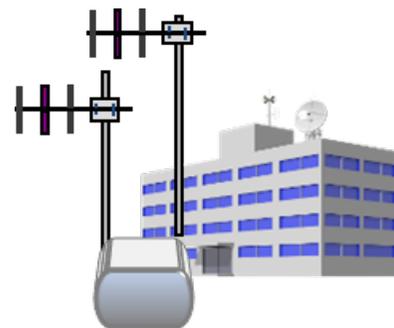
注) 日常作業(管理監督業務)の中では、通常の業務無線の範疇でよい

(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

### <利用シーン例>



ブロードバンド通信



■ 船から陸への映像配信

⇒ 海上においても多数の通信機器が利用されているが、ブロードバンド通信(動画像の送信)へのニーズは高い

○ 具体的な利用シーン等のヒアリングを国の機関等に対して実施

分類	ニーズ・利用シーン
<p>海上利用 (単一回線) (多段中継)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 画像伝送等のデータ通信を行いたい                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➡ 数百kbps以上の伝送が必要</li> <li>➡ 小型船舶を含む設置等において簡便な利用が可能であること</li> </ul> </li> <li>➢ 最大沿海区域(20海里)はカバーしたい (多段中継としてのニーズ)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➡ 中継による通信距離延長が必要</li> </ul> </li> </ul> <div style="text-align: center; border: 2px solid red; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><b>利用シーン(1段中継の例)</b></p> <p>現場に展開する船舶    カメラ    無線機    中継    無線機 陸上拠点</p> <p>20海里 (約37km)</p> <p>小型船舶でも中継利用可能なシステムが必要</p> </div>
<p>陸上利用 (多段中継)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 車両で行けない災害現場に、本部⇔車両⇔現場(人)など中継を行い画像伝送を行いたい                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➡ 災害場所(遮蔽物が多い地下街等)によっては、多段中継による伝送が必要</li> <li>➡ 災害現場によっては、アンテナの設置場所が制限されるため、簡便な利用が可能であること</li> </ul> </li> </ul> <div style="text-align: center; border: 2px solid red; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><b>利用シーン(1段中継の例)</b></p> <p>インビル通信 (VHF帯伝搬特性)    中継機能    中継車両    被災現場映像    本部</p> </div>

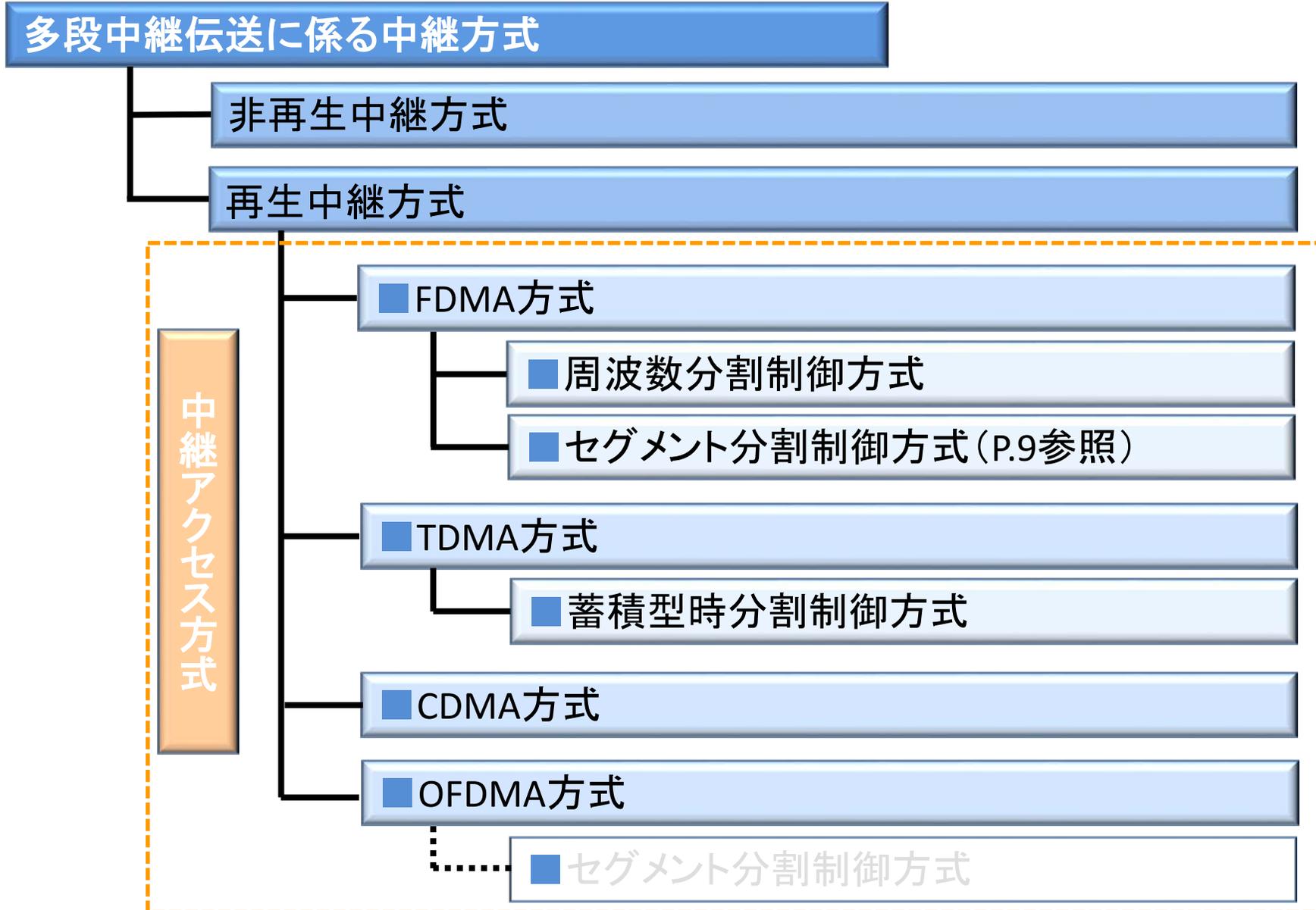
- 現行の公共ブロードバンド移動通信システムの運用状況等を踏まえ、高度化については以下の点を押さえた検討を行う
  - － 使用する周波数帯は現行システムと同じとする
  - － 現行の技術基準で準用可能なものは可能な限り準用する
  - － 他システムとの共用条件を変えないため、隣接チャネル漏えい電力と不要発射の強度の許容値は、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とする
  - － 基地局又は携帯基地局を介さない運用があることを踏まえ、移動局間で回線が構成できるようにする



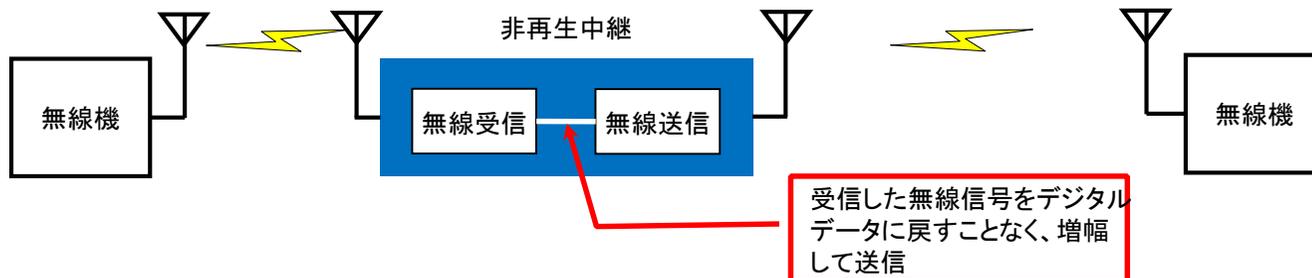
⇒ 公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する要求条件は、ユーザニーズを踏まえつつ、上記基本的考え方に基づいて整理する

項目	要求条件
周波数帯	既存の公共ブロードバンド移動通信システムを高度化するための検討であり、使用周波数帯は既存の公共ブロードバンド移動通信システムが使用している170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用周波数帯とすること
無線方式	既存の公共ブロードバンド移動通信システムの技術的条件を準用することで、早期の実用化が見込めることから、準用可能な項目については特段の理由がない限り準用すること
他システムとの共用	隣接チャネル漏えい電力と不要発射の強度の許容値を既存の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とすることで、隣接周波数帯を使用する既存無線システムへの影響の程度を現行と同等とすること
回線の構成	多段中継伝送及び海上利用とも、基地局又は携帯基地局を介さない、移動局間の対向通信を想定していることから、移動局間で回線が構成されるものとして検討を行うこと
通信速度	公共ブロードバンド移動通信システムは映像の伝送を目的として導入されたことを踏まえ、多段中継伝送及び海上利用(単一回線、多段中継いずれも)においても、映像の伝送を行うことから、現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の通信速度を確保するものとして検討を行うこと
海上利用(単一回線)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の伝送が可能なこと</li> <li>■ 陸上⇔船舶間、船舶⇔船舶間で通信が可能なこと</li> </ul>
中継利用 (陸上中継、海上中継)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1ch内(5MHz帯域内)での中継伝送が可能な方式であること</li> <li>■ 現行の公共ブロードバンド移動通信システムで求めている500kbps以上の伝送が可能なこと</li> <li>■ 空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること</li> <li>■ 多段中継が可能な方式であること</li> <li>■ 原理的に20海里(37km)以上の通信距離が可能な方式であること</li> </ul>

○ 多段中継伝送に関して想定される方式は下記のとおり

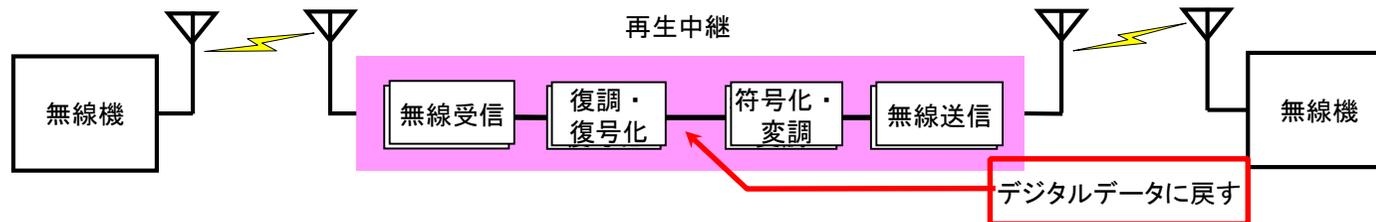


【非再生方式】



- ・装置構成が簡素
- ・伝送遅延特性が良い
- ・送信と受信のタイミングが重なるため、空中線間のアイソレーションに注意が必要

【再生方式】

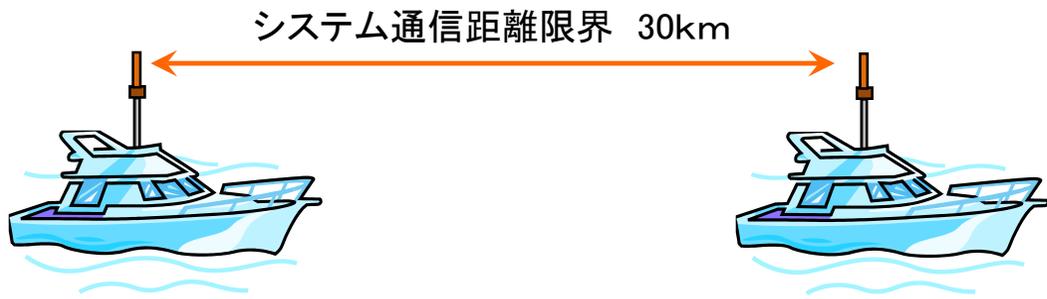


- ・送信と受信のタイミングが重ならない
- ・無線機の送信電力制御と同一サブキャリアを使用しないことにより、空中線間のアイソレーションの低減効果
- ・非再生方式より伝送遅延が大きい

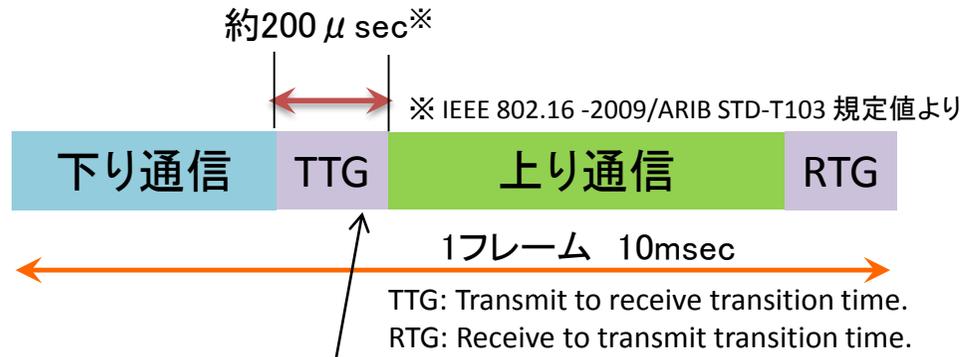
#	項目	高度化要求条件	非再生方式	再生方式
1	周波数帯	170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用すること	○	○
2	無線方式	技術的条件が可能な限り準用可能な方式であること	○	○
3	他システムとの共用	既存無線システムへの影響が現状と同等であること	○	○
4	回線の構成	移動局間で回線の構成が可能であること	○	○
5	通信速度	500kbps以上の通信速度を確保すること	○	○
6	中継利用①	1Ch(5MHz帯域)で中継伝送が可能な方式であること	○	○
7	中継利用②	空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること	× (アイソレーションが必要)	○
8	中継利用③	多段中継が可能な中継方式であること	○	○
9	中継利用④	20海里(約37km)以上の通信距離が可能な方式であること	× (P.8参照)	○

⇒ 多段中継伝送方式に係る中継方式としては再生方式が適している

## 【TDD通信システムにおける通信到達距離限界について】



TDD(Time Division Duplex)通信システムの場合、送信・受信間のギャップタイム(TTG)の間に電波が往復する時間が必要であり、その時間が通信到達距離限界となる。



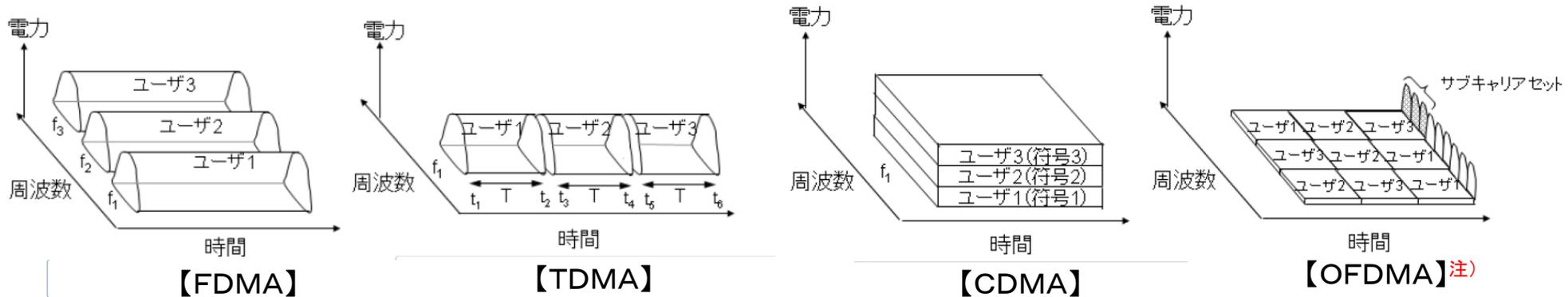
この時間内に電波が往復する必要がある

計算式:  $C$  (光速)  $\times$   $200 \mu \text{ sec}$  (ギャップ)  $\div$   $2$  (往復の時間)  
 $= 3 \times 10^8 (\text{m/sec}) \times 200 \times 10^{-6} (\text{sec}) \div 2 = 30000\text{m} = 30\text{km}$

参考: 距離と電波到達時間の関係

距離	電波到達時間(往復)
1km	6.6μsec
5km	33.4μsec
10km	66.6μsec
<b>30km</b>	<b>200μsec</b>
50km	334μsec
100km	666μsec

⇒ 非再生方式では、ギャップタイム(TTG)ごとに中継を行う必要があり、原理的に30km以上の通信距離に対応することが困難であるため、多段中継伝送の中継方式には適さない



(出典) 電子情報通信学会 「知識ベース」

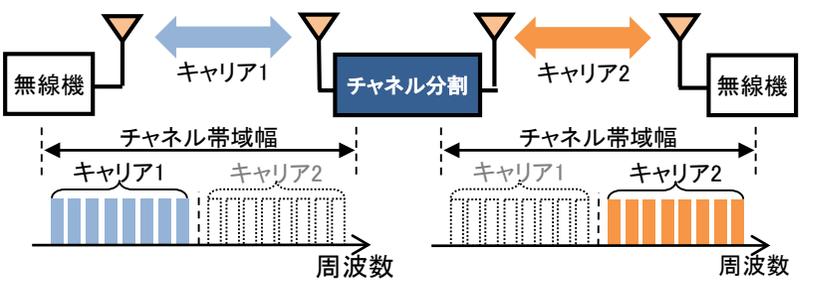
#	項目	高度化要求条件	FDMA	TDMA	CDMA	OFDMA注)
1	周波数帯	170MHzから202.5MHzまでの周波数帯を使用すること	○	○	○	○
2	無線方式	技術的条件が可能な限り準用可能な方式であること	○	○	△	○
3	他システムとの共用	既存無線システムへの影響が現状と同等なこと	○	○	○	○
4	回線の構成	移動局間で回線の構成が可能であること	○	○	○	○
5	通信速度	500kbps以上の通信速度を確保すること	○	○	○	○
6	中継利用①	1ch(5MHz帯域)で中継伝送が可能な方式であること	○	○	○	○
7	中継利用②	空中線間の離隔距離が極力不要な方式であること	○	○	○	○
8	中継利用③	多段中継が可能な中継方式であること	○	○	○	○
9	中継利用④	20海里(約37km)以上の通信距離が可能な方式であること	○	○	○	○

⇒ CDMAについては、他の3方式と親和性がなく、無線機を最初から設計するといった根本的な変更が必要になるため、多段中継伝送方式に係る中継方式としては、互いに親和性のあるFDMA・TDMA・OFDMAのアクセス方式を採用するのが適している

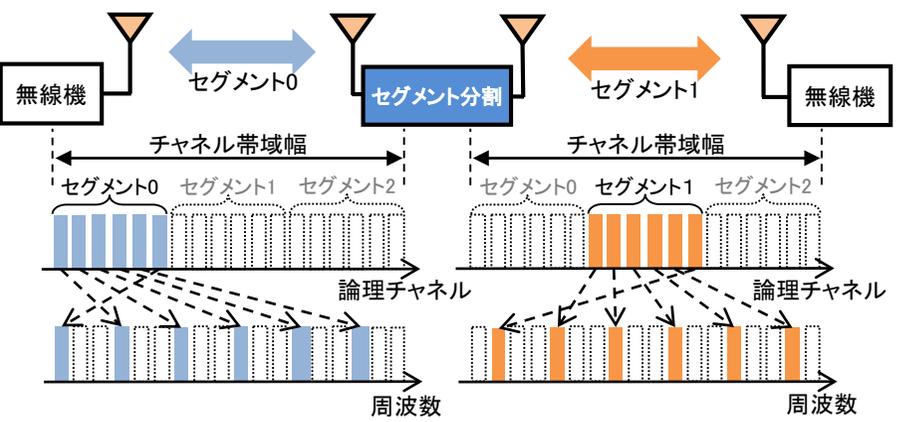
注) OFDMAは、多段中継方式として検討する場合、各利用者に対して必要となるOFDMサブキャリアを割り付けるという周波数インターリーブで用いられている方式の一つと考えることができるため、FDMAとして検討を行う

## ○ 中継方式の比較

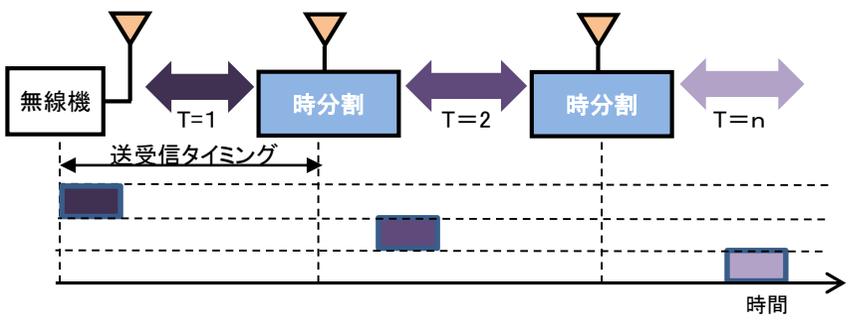
### 【FDMA】 周波数チャンネル分割制御方式



### 【FDMA】 セグメント分割制御方式



### 【TDMA】 蓄積型時分割制御方式



#	比較項目	周波数分割	セグメント	時分割	備考
1	周波数オフセット耐性	○	△	○	セグメント分割制御方式は5ppmの周波数偏差において劣化(P.15参照)
2	周波数選択性フェージング耐性	△	○	○	周波数チャンネル分割制御方式は、分割数が多くなると1区間あたりの周波数帯幅が狭くなり、周波数選択性フェージングの影響が大きくなる(P.34参照)
3	タイミングオフセット耐性	○	△	○	CP長が22.8 μ secを超えると劣化(P.14参照)
4	中継区間距離	△	△	◎	周波数チャンネル分割制御方式は隣接チャンネルの影響(P.13参照)を、セグメント分割制御方式はタイミングオフセットの影響(P.14参照)を考慮
5	多段中継数	○	○	◎	蓄積型時分割制御方式は原理的に無制限だが、他の分割制御方式は周波数の繰り返し利用が必要
6	500kbps以上の通信速度が可能な最大分割数	9	9	16※	64QAM変調で比較(P.11参照) ※単位時間あたりの分割数
7	伝送遅延(msec)	◎ 50	◎ 50	○ 80	1段中継時(P.29参照)

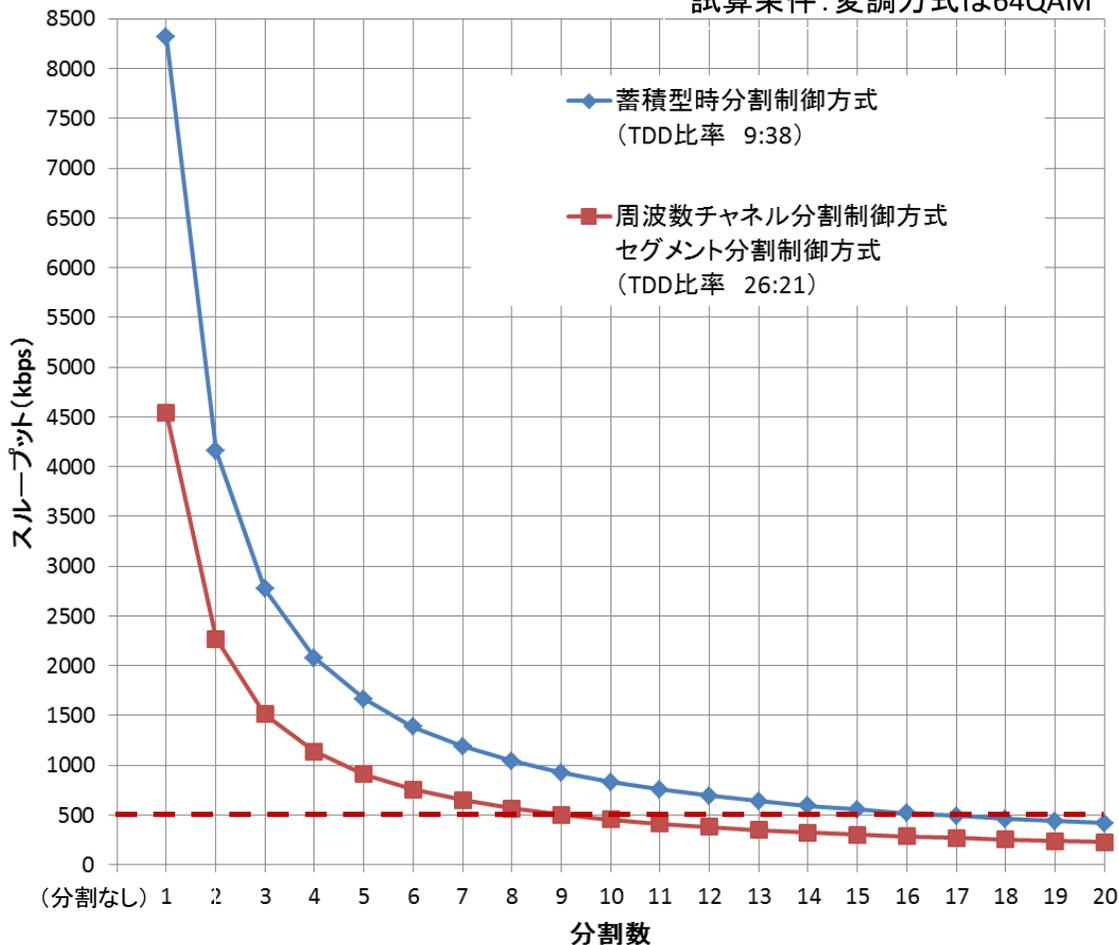
**利用シーン・適応事例**

- 周波数チャンネル分割制御方式・・・タイミングオフセット耐性が高く、設置場所に対する制約が少ないため、山間部等での運用に適する
- セグメント分割制御方式・・・・・・フェージング耐性が高く、移動中継伝送に適する
- 蓄積型時分割制御方式・・・・・・中継可能区間を考慮することなく、迅速に多段中継回線を構成できるため、緊急を要する回線構築に適する。(地下街等での火災など)

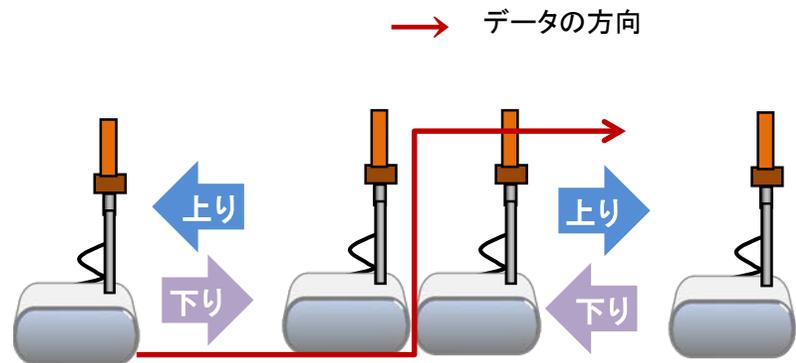
参考  
蓄積型時分割制御の適応事例(2段中継)

※本部側主導による中継伝送全体の管理・制御が可能

試算条件: 変調方式は64QAM

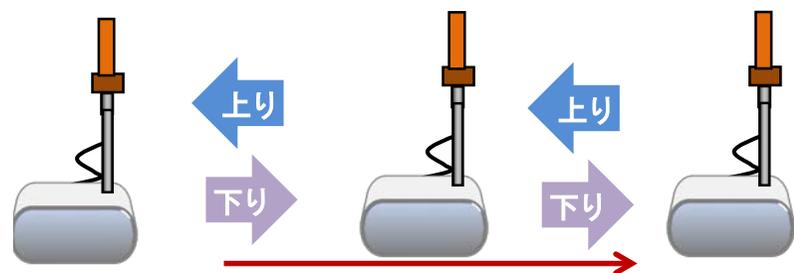


分割数に対するスループットの比較



【周波数チャネル分割制御方式・セグメント分割制御方式】

データを流す方向に、必ず“下り通信”と“上り通信”が交互に繰り返されるため、TDD比率※1は等分配(50%)が望ましい。  
 → 最大でも、無線区間の総スループットの50%しか中継出来ない



【蓄積型時分割制御方式】

時分割で送信・受信を行うため、TDD比率を下り重視・上り重視等に非等配分設定が可能である。(例: 9:38)

※1: TDD比率(下り:上り)は9:38、35:12、26:21の3通り

⇒ 要求条件(伝送速度500kbpsを確保すること)を踏まえると、周波数チャネル分割制御方式、セグメント分割制御方式の分割数は3~9分割※2、蓄積型時分割制御方式の単位時間あたりの分割数は5~16分割※2とすることが適当

⇒ ただし、周波数インターリーブの分割数については、標準化動向も踏まえた検討が必要 ※2: P.28,29参照

- 周波数インターリーブ(周波数チャンネル分割制御方式、セグメント分割制御方式)に係る分割数(帯域幅)について、標準化動向を踏まえた検討を行う  
各システム名とシステム毎に規定されている帯域幅は下表のとおり

システム名		帯域幅	備考
Mobile WiMAX	IEEE 802.16-2009	1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 28MHz, 8.75MHz, 17.5MHz	
TD-LTE		1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz	NB-IoT(Narrow Band-IoT; 帯域幅: 200KHz)は、画像伝送用途には向かないため検討から除外
CDMA2000		1.25MHz	
W-CDMA		5MHz	
WiFi	IEEE802.11b	22MHz	
	IEEE802.11a	20MHz	
	IEEE802.11g	20MHz	
	IEEE802.11n	20MHz, 40MHz	
DSRC	IEEE802.11p	10MHz	
TVWS	IEEE802.11af	6MHz, 7MHz, 8MHz	
	IEEE802.22	6MHz, 7MHz, 8MHz	

※出典

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000436165.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000436165.pdf)

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000037144.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000037144.pdf)

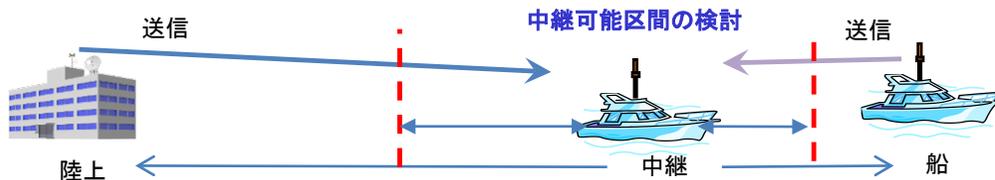
- 現在、規定されている最小の帯域幅は1.25MHzであり、これは、現行の公共ブロードバンド移動通信システムの帯域幅(5MHz)を4分割したものに一致

⇒ 周波数インターリーブにおける分割数については、要求条件、及び標準化動向を踏まえると、最大4分割(周波数帯域幅としては1.25MHz帯域幅に相当)とすることが適当であるが、スループット(要求条件)を満たす、9分割をベースとして検討を行う。

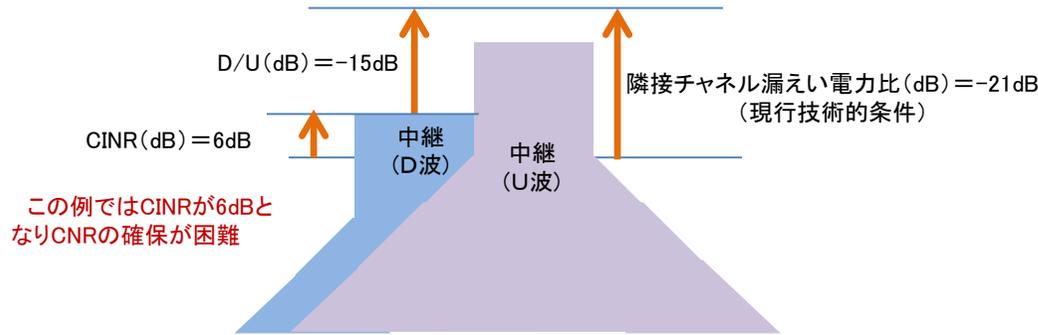
## 2.6 多段中継伝送方式に係る中継可能区間の検討

### ■①中継位置におけるD/U比と隣接チャネル漏えい電力に関する検討

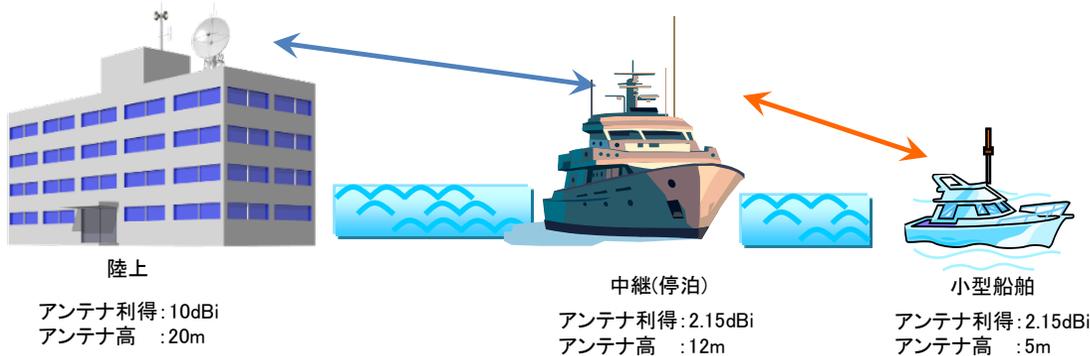
- ✓ 周波数チャネル分割制御方式においては、隣接チャネル漏えい電力比によるチャネル間の相互干渉が原理的に生じる。そのため、D/U値により、中継可能な中継位置が決まることから、中継可能な中継位置について考察することが必要。
- ✓ 中継時に無線局を2台使用して中継機能を実現するにあたっては、中継地点においては自身の希望波(D波)は他方の妨害波(U波)となることから、D/U比の影響(隣接チャネル漏えい電力に依存)について検討を実施。(D波、U波でモデル化が可能)



D/U比の影響概念図:D/U比は中継位置の距離差から生じる

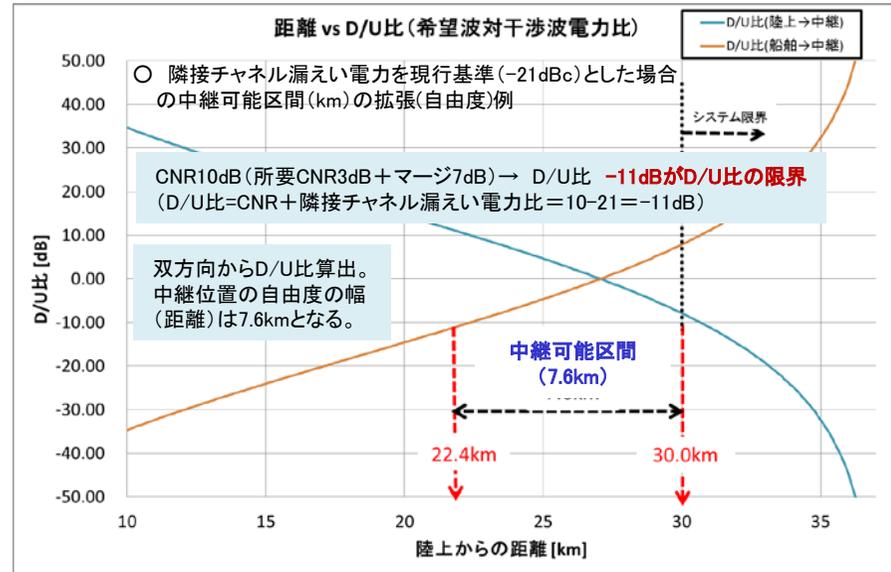


### ■②中継位置検討モデル(20海里:37km通信、非対称モデル)

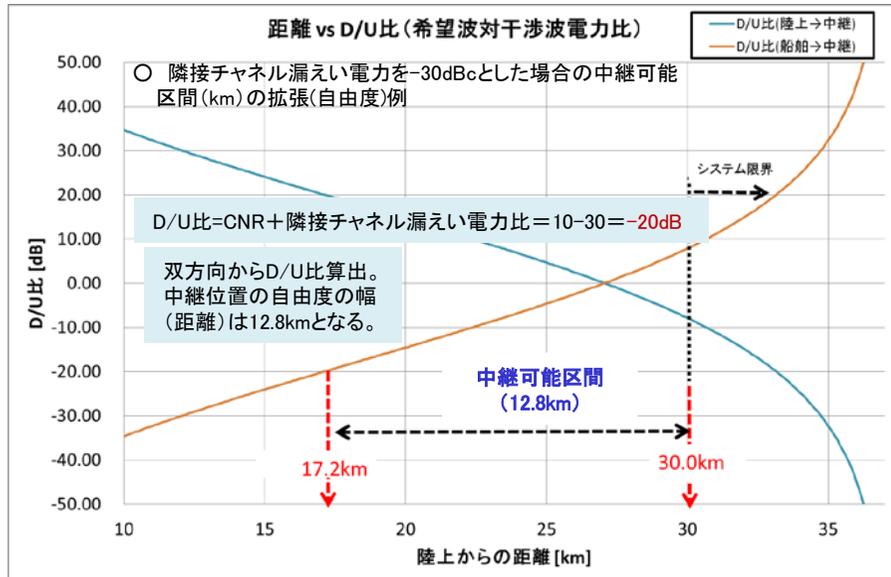


### ■③隣接チャネル漏えい電力の値と中継位置の検討

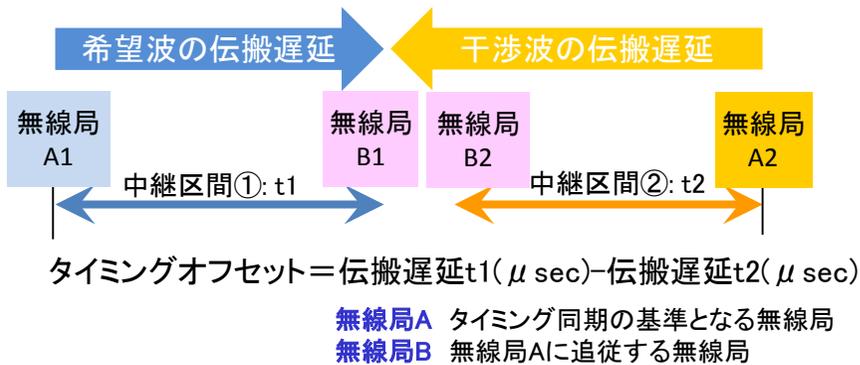
- ✓ D/U比を考慮した場合、現行の隣接チャネル漏えい電力においても中継が可能



- ✓ 隣接チャネル漏えい電力をさらに低減することで、中継可能区間を拡張することが可能

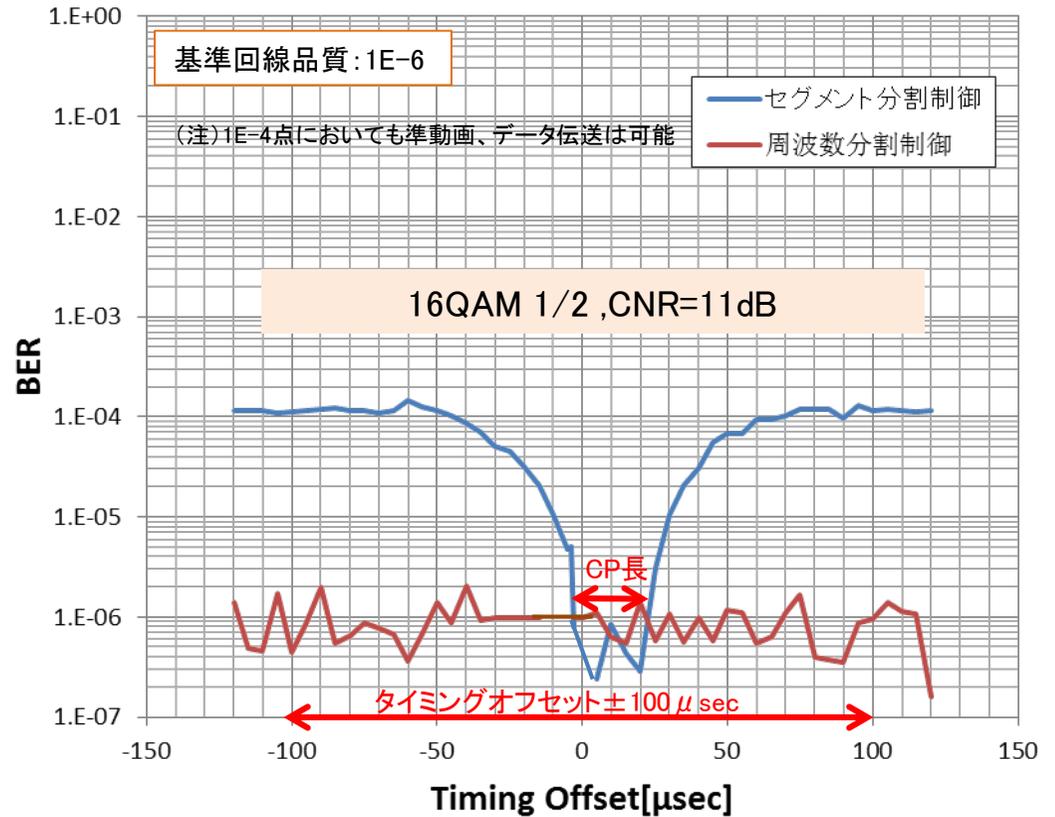


## ・タイミングオフセット-BERの検討モデル



- ・ セグメント分割制御方式ではシンボル間干渉が発生するため、タイミングオフセットがCP (Cyclic Prefix: 遅延波の遅延時間を考慮したガードインターバル) 長 (22.8 μsec: 中継区間①と②の距離差6.8kmに相当) を超えるとBERは劣化する傾向
- ・ 周波数分割制御方式では、使用する周波数が異なることから、タイミングオフセットが±100 μsec程度であればBERが1E-6を維持できるため、影響はない
- ・ 蓄積型時分割制御方式では、同時に送信を行わないため、タイミングオフセットの影響はない

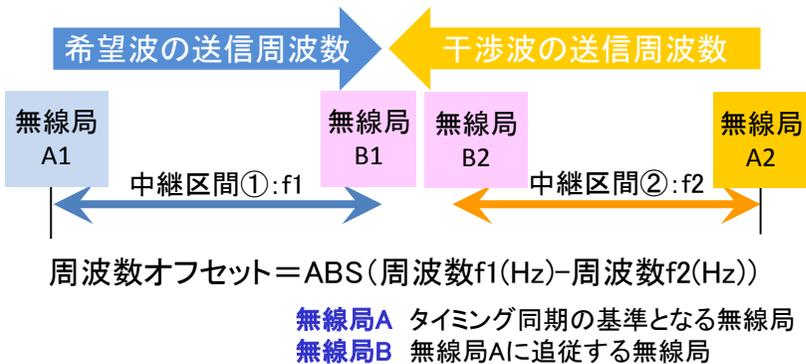
## ・タイミングオフセット-BER特性



(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

⇒ セグメント分割制御方式であっても、タイミング同期の基準となる無線局で中継する(上記検討モデルの無線局Bが無線局Aである)場合、タイミングオフセットの影響を受けない

### ・周波数オフセット-BERの検討モデル



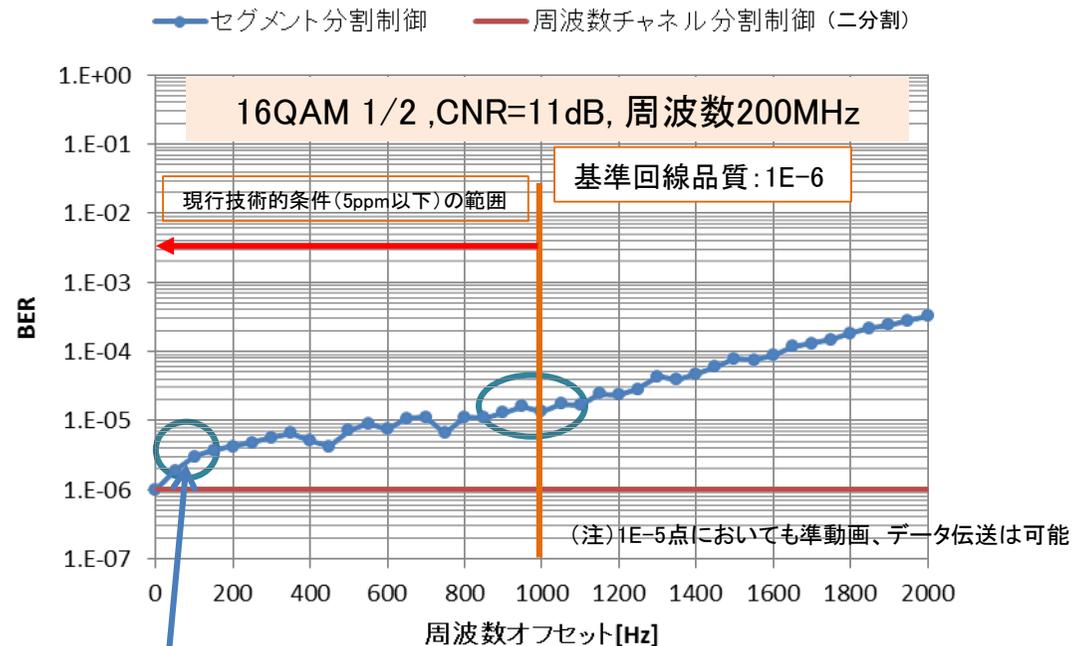
- ・ セグメント分割制御方式では、周波数オフセットが増加するにつれてセグメント相互間の直交性が保てなくなり、BERが劣化
- ・ 周波数分割制御方式では、使用する周波数が異なることから、 $f1$ と $f2$ の隙間間隔の範囲内では周波数オフセットの影響は発生しない
- ・ 蓄積型時分割制御方式では、送信を同時に行わないため、周波数オフセットの影響はない

### ・周波数オフセット-BER特性と分割数の関係

- ・ セグメント分割制御方式は、周波数オフセットの影響が分割数に依存しない
- ・ 周波数分割制御方式では、分割数が増えるほど隙間間隔が減少するが、たとえ9分割であっても隙間間隔は11kHzであり、周波数偏差規格5ppm(1kHz)に比して十分余裕がある。

- ⇒ セグメント分割制御方式においては、タイミング同期の基準となる無線局間の相対的な周波数偏差を低く抑えることで、も良好な回線品質を確保可能
- ⇒ 周波数分割方式においても、9分割まで良好な回線品質を確保可能

### ・周波数オフセット-BER特性



(出典)「公共分野におけるブロードバンド移動通信システムの利用拡大のための技術的条件に関する調査検討」(平成26年度)

無線局Bは無線局Aに制御されることにより周波数を追従した動作となるが、わずかな誤差がある場合に微小な劣化が生じる  
周波数オフセット(追従誤差: 約100Hz程度: 0.5ppm)

#### ○ 占有周波数帯幅

- 2. 4において検討したとおり、周波数チャネル分割方式、セグメント分割方式については最大9分割、蓄積型時分割制御方式は、周波数を分割して伝送する方式ではないため、最大分割数を1として検討(以降も同様)
- 帯域幅については、分割数1の場合を基準として分割数で除することになることを踏まえ、下表のとおりとなる

#	項目	単位	パラメータ																
			1		2		3		4		5		6		7		8		9
1	分割数																		
2	対象となる多段中継伝送方式		蓄積型時分割制御方式(現行方式)	周波数チャネル分割方式	セグメント分割方式														
3	チャンネル帯域幅	MHz	5	2.5	5	1.667	5	1.25	5	1.000	5	0.833	5	0.714	5	0.625	5	0.556	5
4	サブキャリア間隔	kHz	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
5	サブキャリア数	本	840	420	420	280	280	210	210	168	168	140	140	120	120	105	105	93	93
6	必要な帯域幅	kHz	4594	2297	4594	1532	4594	1149	4594	919	4594	766	4594	657	4594	575	4594	509	4594
7	占有周波数帯幅	MHz	4.9	2.45	4.9	1.633	4.9	1.225	4.9	0.980	4.9	0.817	4.9	0.700	4.9	0.613	4.9	0.544	4.9

#### ○ 周波数の許容偏差

- 公共ブロードバンド移動通信システムで使用するこのできる周波数のうち、最も高い中心周波数(200MHz)における周波数の許容偏差は現行基準(5ppm)に従うと1kHzとなる
- 現行の技術基準で準用可能なものは可能な限り準用するという基本的考え方を踏まえ、周波数の許容偏差についても多段中継、単一回線に関わらず現行基準(5ppm)と同等とする

⇒ 多段中継伝送における占有周波数帯域幅は、分割数1の場合の帯域幅を分割数で除した値とすることが適当(周波数チャネル分割方式に限る)

⇒ 周波数の許容偏差については、多段中継、単一回線に関わらず現行基準(5ppm)と同等とすることが適当

○ 空中線電力

- 多段中継伝送に係る空中線電力については、他システムへの影響を考慮し、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同じ基準で共用条件を満足することが必要である。
- 現行基準における陸上移動局の空中線電力(5W)を電力密度換算した場合、37dBm/5MHzとなる。このことを踏まえ、各分割数(2~9)の場合の電力密度は下表のとおりとなる。

#	項目	単位	パラメータ																	
			1		2		3		4		5		6		7		8		9	
1	分割数		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
2	対象となる多段中継伝送方式		蓄積型時分割制御方式(現行方式)	周波数チャネル分割方式	セグメント分割方式															
3	チャンネル帯域幅	MHz	5	2.5	5	1.667	5	1.25	5	1.000	5	0.833	5	0.714	5	0.625	5	0.556	5	
4	空中線電力	dBm/チャンネル帯域幅	36.99	33.98	33.98	32.22	32.22	30.97	30.97	30.00	30.00	29.21	29.21	28.54	28.54	27.96	27.96	27.45	27.45	
		W	5.00	2.5	2.5	1.67	1.67	1.25	1.25	1.00	1.00	0.83	0.83	0.71	0.71	0.63	0.63	0.56	0.56	

○ 不要発射の強度及びスプリアス発射

- 公共ブロードバンド移動通信システムの高度化の検討方針として、不要発射の強度の許容値を既存の公共ブロードバンド移動通信システムと同等とすることとしているため、不要発射の強度については、現行基準と同じとする
- スプリアス発射についても、不要発射の強度と同じ考え方で対応することが適当

⇒ 多段中継伝送の空中線電力については、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和を扱うことが適当  
 ⇒ 不要発射の強度及びスプリアス発射については、現行の技術的条件を満足するようにすることが適当

#### ○ アンテナ利得

- 多段中継伝送に係るアンテナ利得については、他システムへの影響を考慮し、現行の公共ブロードバンド移動通信システムと同じ基準で共用条件を満足することが必要である。
- 現行基準におけるアンテナ利得(10dBi)の場合、共用条件を満足することが可能であるため、多段中継伝送においてもアンテナ利得については現行基準と同等とすることが適当

#### ○ 隣接チャネル漏えい電力

- 多段中継伝送にかかる隣接チャネル漏えい電力については、中継を行う無線局の位置を考慮する際に必要となる
- スライド12で示したとおり、現行基準(-21dBc以下)の場合であっても、中継が可能な区間として約7.6km程確保できることから、技術的条件としては現行基準を維持することとし、運用者(免許人)のニーズに応じて隣接チャネル漏えい電力の値を設定することができるようにしておくことが適当
- なお、次隣接チャネル漏えい電力については、多段中継伝送においても現行基準(-41dBc以下)で十分であるため、この値についても現行基準と同じとすることが適当

⇒ アンテナ利得については、現行基準の10dBiを満足するようにすることが適当

⇒ 隣接(次隣接)チャネル漏えい電力については、現行基準を維持することが適当

○ 周波数チャネル分割制御方式の技術的条件は下表のとおり (色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

#	項目	単位	多段中継伝送								
			現行技術的条件	分割数2	分割数3	分割数4	分割数5	分割数6	分割数7	分割数8	分割数9
1	チャンネル帯域幅	MHz	5	2.5	1.666	1.25	1.00	0.833	0.714	0.625	0.556
2	占有周波数帯幅	MHz	4.9	2.45	1.633	1.225	0.980	0.817	0.700	0.613	0.544
3	空中線電力 ※1	W	5 (37dBm /5MHz)	2.5 (34dBm /2.5MHz)	1.666 (32dBm /1.666MHz)	1.25 (31dBm /1.25MHz)	1.00 (30dBm /1.00MHz)	0.833 (29dBm /0.83MHz)	0.714 (28.5dBm /0.714MHz)	0.625 (28dBm /0.625MHz)	0.556 (27.5dBm /0.556MHz)
4	アンテナ利得 ※2	dBi	10								
5	隣接チャネル漏えい電力	dBc	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)								
6	周波数の許容偏差	ppm	5								
7	スプリアス発射又は不要発射の強度	dBm/MHz	現行技術的条件のとおり								

※1: 複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和

※2: 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

# 4.1 多段中継伝送方式に係る技術的条件の検討(まとめ)

○ 周波数チャネル分割制御方式の技術的条件は下表のとおり(続き)

#	項目	単位	多段中継伝送									
			現行技術的条件	分割数2	分割数3	分割数4	分割数5	分割数6	分割数7	分割数8	分割数9	
8	中心周波数	MHz							172.857			
								172.917				
									173.571			
									174.286			
									173.750			
									174.583			
									175.000			
									175.417			
								173.000	175.834			
								174.000	176.250			
								175.000	177.083			
								176.000	177.917			
								173.125	178.571			172.778、173.333
								174.375	179.286		172.813、173.438	173.889、174.444
								175.625	180.000		174.063、174.688	175.000、175.556
							173.333	176.875	180.714		175.313、175.938	176.111、176.667
							175.000	178.125	181.429		176.563、177.188	177.222、177.778
							176.667	179.375	182.143		177.813、178.438	178.333、178.889
							173.750	180.625	182.857		179.063、179.688	179.444、180.000
							176.250	181.875	183.571		180.313、180.938	180.556、181.111
				178.750	183.125	184.286		181.563、182.188	181.667、182.222			
				181.667	184.375	185.000		182.813、183.438	182.778、183.333			
				175.000	185.625	185.714		184.063、184.688	183.889、184.444			
				180.000	186.875	186.429		185.313、185.938	185.000、185.556			
				185.000	188.125	187.143		186.563、187.188	186.111、186.667			
				188.750	189.375	187.857		187.813、188.438	187.222、187.778			
				190.000	190.625	188.571		189.063、189.688	188.333、188.889			
				195.000	191.875	189.286		190.313、190.938	189.444、190.000			
				200.000	193.125	190.000		191.563、192.188	190.556、191.111			
				196.250	194.375	190.625		192.813、193.438	191.667、192.222			
				198.750	195.625	191.000		194.063、194.688	192.778、193.333			
				201.250	196.875	191.429		195.313、195.938	193.889、194.444			
				196.667	198.125	192.143		196.563、197.188	195.000、195.556			
				198.333	199.375	192.857		197.813、198.438	196.111、196.667			
				200.000	200.625	193.571		199.063、199.688	197.222、197.778			
				201.667	201.875	194.286		200.313、200.938	198.333、198.889			
						194.583		201.563、202.188	199.444、200.000			
						195.417			200.556、201.111			
						196.250			201.667、202.222			
						197.083						
						197.917						
						198.750						
						199.583						
						200.417						
						201.250						
						202.083						

(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

## ○ セグメント分割制御方式の技術的条件は下表のとおり

(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

#	項目	単位	多段中継伝送								
			現行技術的 条件	分割数2	分割数3	分割数4	分割数5	分割数6	分割数7	分割数8	分割数9
1	チャンネル 帯域幅	MHz	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	占有周 波数帯幅	MHz	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
3	空中線 電力※1	W	5 (37dBm /5MHz)	2.5 (34dBm /5MHz)	1.666 (32dBm /5MHz)	1.25 (31dBm /5MHz)	1.00 (30dBm /5MHz)	0.833 (29dBm /5MHz)	0.714 (28.5dBm /5MHz)	0.625 (28dBm /5MHz)	0.556 (27.5dBm /5MHz)
4	アンテナ 利得※2	dBi	10								
5	隣接チャ ネル漏え い電力	dBc	-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)								
6	周波数 の許容偏 差	ppm	5								
7	スプリア ス発射又 は不要発 射の強度	dBm/MHz	現行技術的条件のとおり								

※1: 複数の空中線端子を有する場合は空中線ごとに測定し、それぞれの空中線端子にて測定した値の総和

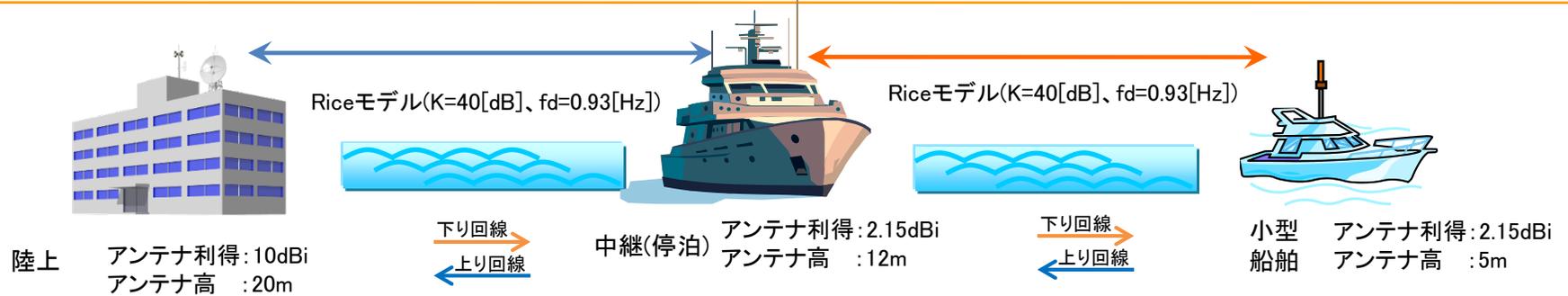
※2: 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

○ 蓄積型時分割制御方式の技術的条件は下表のとおり(現行技術的条件からの変更箇所なし)

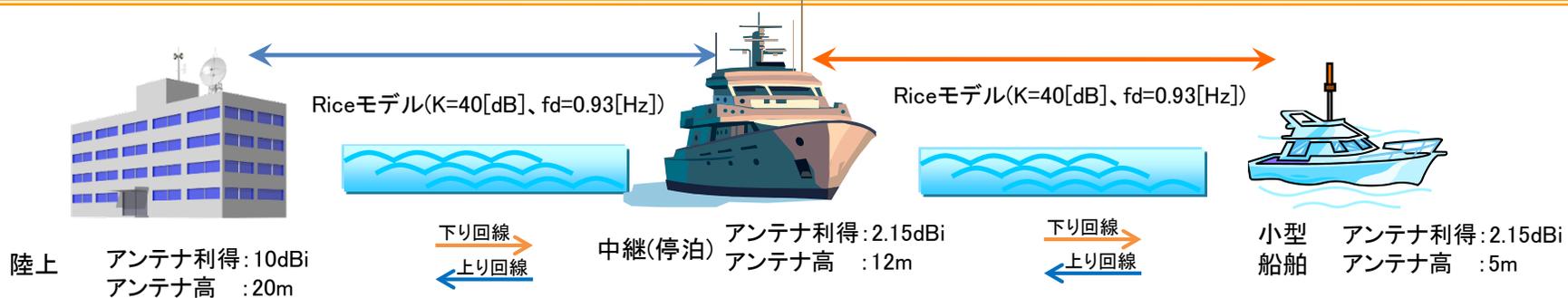
(色掛けした箇所が、これまでの技術的条件から変更となる箇所)

#	項目	単位	多段中継伝送	
			現行技術的条件	分割数2~16
1	チャンネル帯域幅	MHz		5
2	占有周波数帯幅	MHz		4.9
3	空中線電力	W		5W (37dBm/5MHz)
4	アンテナ利得※	dBi		10
5	隣接チャンネル漏えい電力	dBc		-21dBc以下(隣接) -41dBc以下(次隣接)
6	周波数の許容偏差	ppm		5
7	スプリアス発射又は不要発射の強度	dBm/MHz		現行技術的条件のとおり

※ 空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

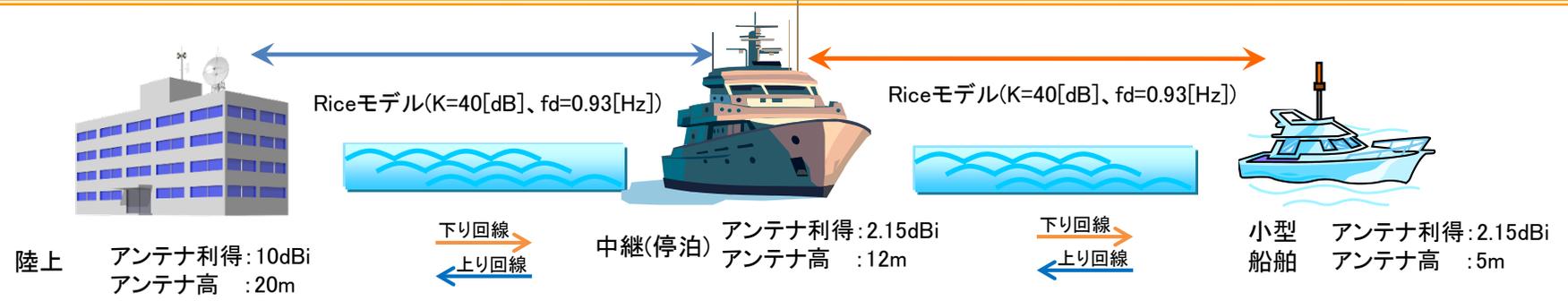


項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継): 周波数チャネル分割制御方式(1/2)			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	空中線電力	dBm	34	34	34	34
4	送信空中線利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/2.5MHz	-102.9	-102.9	-102.9	-102.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-99.9	-99.9	-94.9	-94.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	



項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継):セグメント分割制御方式(1/3)			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	空中線電力	dBm	32	32	32	32
4	送信空中線利得	dB	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dB	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/1.66MHz	-104.9	-104.9	-104.9	-104.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-101.9	-101.9	-96.9	-96.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	

# 4. 2 検討結果(回線設計例(海上多段中継伝送:蓄積型時分割))

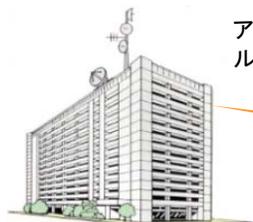


項番	項目	単位	海上多段中継モデル(大型船舶で中継):蓄積型時分割制御方式			
			QPSK通信		16QAM通信	
			陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶	陸上->大型船舶	大型船舶->小型船舶
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	16QAM(1/2)	16QAM(1/2)
3	空中線電力	dBm	37	37	37	37
4	送信空中線利得	dB	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dB	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	4	3	4	3
7	受信給電線損失	dB	3	2	3	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(海上)	dBm/5MHz	-102	-102	-102	-102
11	総雑音電力	dBm/5MHz	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
12	所要SNR	dB	3	3	8	8
13	所要受信電力	dBm	-96.9	-96.9	-91.9	-91.9
14	フェージングマージン	dB	5	7	5	7
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	3	3	3	3
16	送信アンテナ高	m	20	12	20	12
17	受信アンテナ高	m	12	5	12	5
18	その他損失(陸上側の樹木等の影響)	dB	5	0	5	0
19	伝送距離(2波モデル計算)	km	27.4	11.6	20.5	8.7
20	総合伝送距離	km	39.0		29.2	

# 4. 2 検討結果(回線設計例(陸上多段中継伝送: 周波数分割(1/2)))



項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:周波数チャネル分割制御方式(1/2)			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	空中線電力	dBm	34	34	34	34
4	送信空中線利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/2.5MHz	-94.7	-94.7	-97.5	-97.5
12	所要SNR	dB	20	20	14	14
13	所要受信電力	dBm	-74.7	-74.7	-83.5	-83.5
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	10	10
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	12.3	1.75
20	総合伝送距離	km	2.52		14.05	



アーバン: GSM Typical Urban model 80km/h  
 ルーラル: COST 207 RA50

アンテナ高40m  
 アンテナ利得 10dBi

中継車両



アンテナ高2m  
 アンテナ利得 2.15dBi

アーバン: GSM Typical Urban model 80km/h  
 ルーラル: COST 207 RA50



アンテナ高2m  
 アンテナ利得 2.15dBi

項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:セグメント分割制御方式(1/3)			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	空中線電力	dBm	32	32	32	32
4	送信空中線利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/1.66MHz	-96.5	-96.5	-99.3	-99.3
12	所要SNR	dB	20	20	14	14
13	所要受信電力	dBm	-76.5	-76.5	-85.3	-85.3
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	10	10
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	12.3	1.75
20	総合伝送距離	km	2.52		14.05	

# 4.2 検討結果(回線設計例(陸上多段中継伝送:蓄積型時分割))



項番	項目	単位	陸上多段中継モデル:蓄積型時分割制御方式			
			アーバンエリア		ルーラルエリア	
			ビル→車両	車両→車両	ビル→車両	車両→車両
1	周波数帯	MHz帯	195	195	195	195
2	変調方式(符号化率)		QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)	QPSK(1/2)
3	空中線電力	dBm	37	37	37	37
4	送信空中線利得	dBi	10	2.15	10	2.15
5	受信空中線利得	dBi	2.15	2.15	2.15	2.15
6	送信給電線損失	dB	2	2	2	2
7	受信給電線損失	dB	2	2	2	2
8	受信NF	dB	3	3	3	3
9	受信熱雑音	dBm/5MHz	-104	-104	-104	-104
10	環境雑音(陸上)	dBm/5MHz	-92	-92	-95	-95
11	総雑音電力	dBm/5MHz	-91.7	-91.7	-94.5	-94.5
12	所要SNR	dB	20	20	14	14
13	所要受信電力	dBm	-71.7	-71.7	-80.5	-80.5
14	フェージングマージン	dB	3	3	3	3
15	受信ダイバシティ合成利得	dB	5	5	10	10
16	送信アンテナ高	m	40	2	40	2
17	受信アンテナ高	m	2	2	2	2
18	その他損失(樹木等の影響)	dB	0	0	5	5
19	伝送距離(拡張秦・2波モデル計算)	km	2.27	0.25	12.3	1.75
20	総合伝送距離	km	2.52		14.05	

■TDD比率 9:38モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	90	90	72,000
	QPSK	1/2	1418	88	132	105,600
	QPSK	1/2	1418	90	270	216,000
	QPSK	1/2	1418	90	540	432,000
	QPSK	3/4	1418	90	810	648,000
	16-QAM	1/2	1418	90	1080	864,000
	16-QAM	3/4	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	1/2	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	2/3	1418	90	2160	1,728,000
64-QAM	3/4	1418	90	2430	1,944,000	
UL	QPSK	1/2	1418	384	384	307,200
	QPSK	1/2	1418	384	576	460,800
	QPSK	1/2	1418	384	1152	921,600
	QPSK	1/2	1418	385	2310	1,848,000
	QPSK	3/4	1418	385	3465	2,772,000
	16-QAM	1/2	1418	385	4620	3,696,000
	16-QAM	3/4	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	1/2	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	2/3	1418	385	9240	7,392,000
64-QAM	3/4	1418	385	10395	8,316,000	

ベーススループット

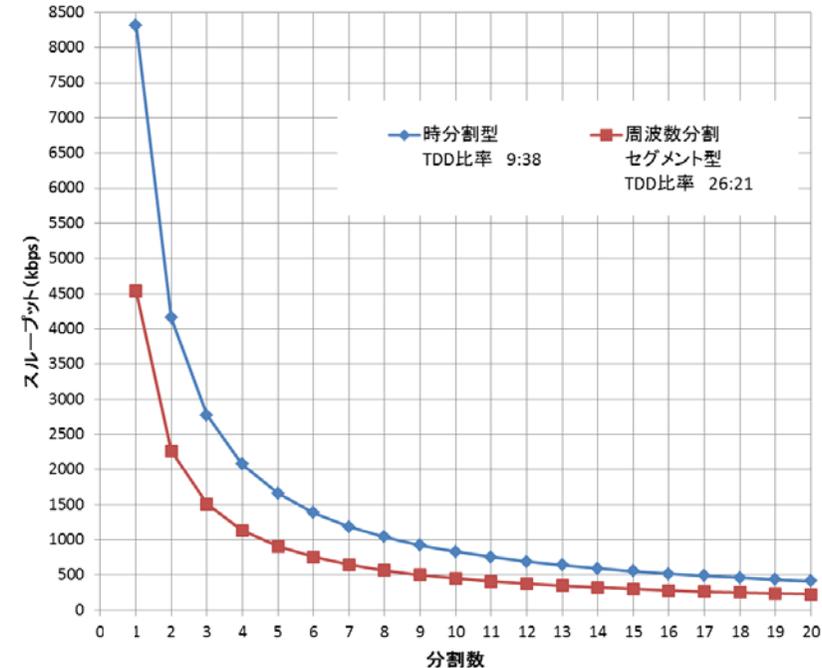
■TDD比率 26:21モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	330	330	264,000
	QPSK	1/2	1418	328	492	393,600
	QPSK	1/2	1418	330	990	792,000
	QPSK	1/2	1418	330	1980	1,584,000
	QPSK	3/4	1418	330	2970	2,376,000
	16-QAM	1/2	1418	330	3960	3,168,000
	16-QAM	3/4	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	1/2	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	2/3	1418	330	7920	6,336,000
64-QAM	3/4	1418	330	8910	7,128,000	
UL	QPSK	1/2	1418	210	210	168,000
	QPSK	1/2	1418	208	312	249,600
	QPSK	1/2	1418	210	630	504,000
	QPSK	1/2	1418	210	1260	1,008,000
	QPSK	3/4	1418	210	1890	1,512,000
	16-QAM	1/2	1418	210	2520	2,016,000
	16-QAM	3/4	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	1/2	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	2/3	1418	210	5040	4,032,000
64-QAM	3/4	1418	210	5670	4,536,000	

ベーススループット

■最大分割数の算出

分割数	時分割型 TDD比率 9:38	周波数分割 セグメント型 TDD比率 26:21	備考
1	8316	4536	ベース
2	4158	2268	
3	2772	1512	
4	2079	1134	
5	1663	907	
6	1386	756	
7	1188	648	
8	1040	567	
9	924	504	周波数・セグメント限界
10	832	454	
11	756	412	
12	693	378	
13	640	349	
14	594	324	
15	554	302	
16	520	284	時分割限界
17	489	267	
18	462	252	
19	438	239	
20	416	227	



■TDD比率 9:38モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	90	90	72,000
	QPSK	1/2	1418	88	132	105,600
	QPSK	1/2	1418	90	270	216,000
	QPSK	1/2	1418	90	540	432,000
	QPSK	3/4	1418	90	810	648,000
	16-QAM	1/2	1418	90	1080	864,000
	16-QAM	3/4	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	1/2	1418	90	1620	1,296,000
	64-QAM	2/3	1418	90	2160	1,728,000
	64-QAM	3/4	1418	90	2430	1,944,000
UL	QPSK	1/2	1418	384	384	307,200
	QPSK	1/2	1418	384	576	460,800
	QPSK	1/2	1418	384	1152	921,600
	QPSK	1/2	1418	385	2310	1,848,000
	QPSK	3/4	1418	385	3465	<u>2,772,000</u>
	16-QAM	1/2	1418	385	4620	3,696,000
	16-QAM	3/4	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	1/2	1418	385	6930	5,544,000
	64-QAM	2/3	1418	385	9240	7,392,000
	64-QAM	3/4	1418	385	10395	8,316,000

ベーススループット

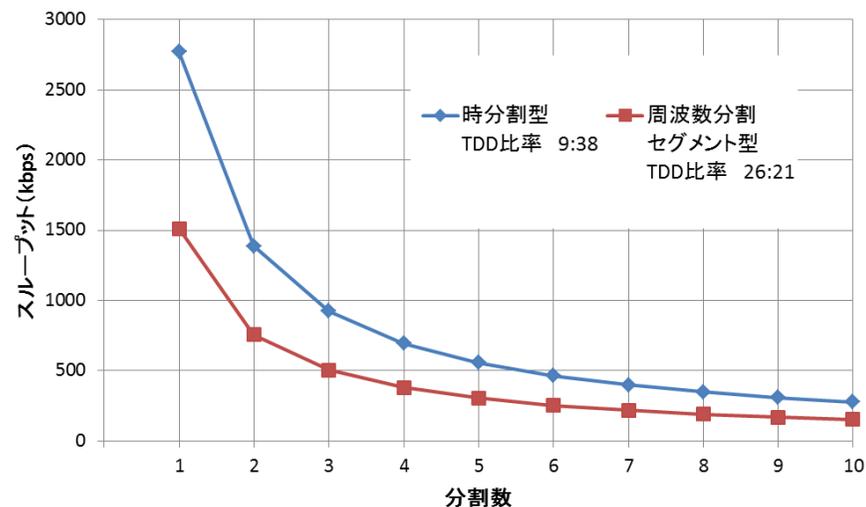
■TDD比率 26:21モード

DL /UL	Moduration	Coding rate	Packet length	Slots	Burst length	Radio rate [bps]
DL	QPSK	1/2	1418	330	330	264,000
	QPSK	1/2	1418	328	492	393,600
	QPSK	1/2	1418	330	990	792,000
	QPSK	1/2	1418	330	1980	1,584,000
	QPSK	3/4	1418	330	2970	2,376,000
	16-QAM	1/2	1418	330	3960	3,168,000
	16-QAM	3/4	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	1/2	1418	330	5940	4,752,000
	64-QAM	2/3	1418	330	7920	6,336,000
	64-QAM	3/4	1418	330	8910	7,128,000
UL	QPSK	1/2	1418	210	210	168,000
	QPSK	1/2	1418	208	312	249,600
	QPSK	1/2	1418	210	630	504,000
	QPSK	1/2	1418	210	1260	1,008,000
	QPSK	3/4	1418	210	1890	<u>1,512,000</u>
	16-QAM	1/2	1418	210	2520	2,016,000
	16-QAM	3/4	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	1/2	1418	210	3780	3,024,000
	64-QAM	2/3	1418	210	5040	4,032,000
	64-QAM	3/4	1418	210	5670	4,536,000

ベーススループット

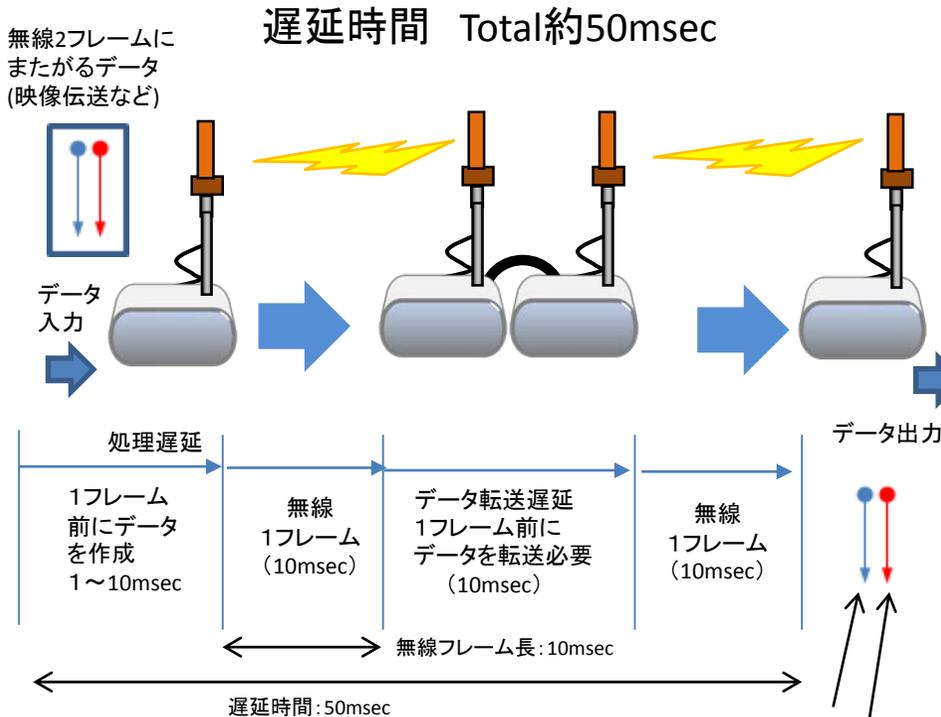
■分割数毎のスループット

分割数	時分割型 TDD比率 9:38	周波数分割 セグメント型 TDD比率 26:21	備考
1	2772	1512	ベース
2	1386	756	
3	924	504	周波数・セグメント限界
4	693	378	
5	554	302	時分割限界
6	462	252	
7	396	216	
8	347	189	
9	308	168	
10	277	151	

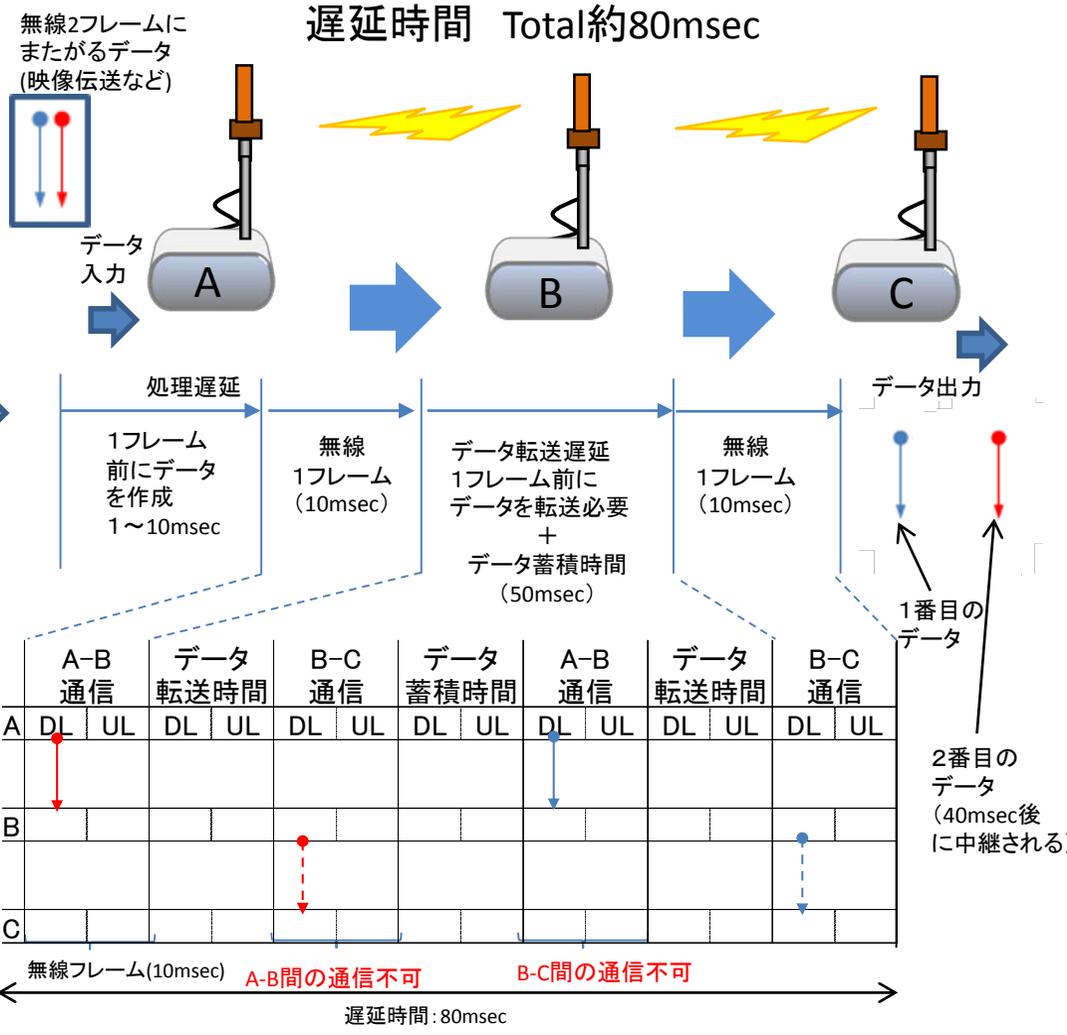


## 【周波数チャネル分割制御方式・セグメント分割制御方式の遅延時間】

## 【蓄積型時分割制御方式の遅延時間】



周波数チャネル・セグメント分割方式は上図の通り各区間の処理遅延が単純に加算される。  
無線2フレームにまたがるデータは連続して出力される為40msec後に最初のデータが出力された後、無線フレーム単位である10msec後に連続してデータ出力される。



蓄積型時分割方式はA-B間とB-C間は同時に無線通信を行う事ができないため中継ノードでは、送信受信切り替えのためにデータ蓄積時間が必要であることから遅延が大きくなる。データ蓄積時間、中継区間で同時通信不可のタイミングがあるため、40msec後に2番目のデータは出力される。

# (参考)D/U比の算出について①

## ■①中継位置におけるD/U比と隣接チャネル漏えい電力に関する検討補足

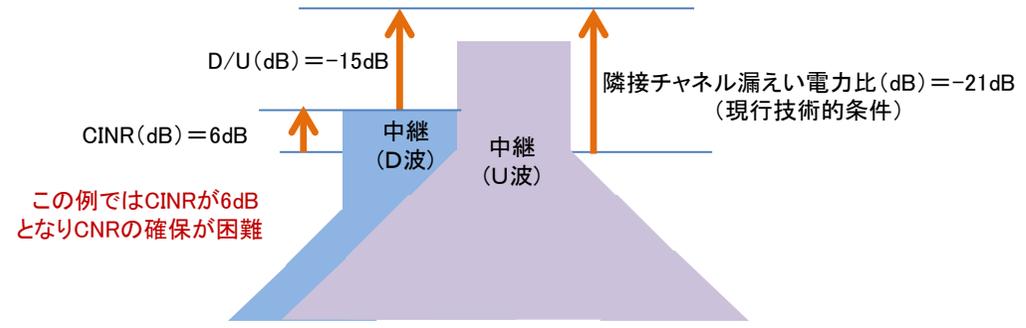
周波数チャネル分割制御方式においては、隣接チャネル漏えい電力比によるチャネル間の相互干渉が原理的に生じる。そのため、D/U値により、中継可能な中継位置が決まることから、中継可能な中継位置について考察することが求められる。

D=希望波の電力 U=妨害波の電力

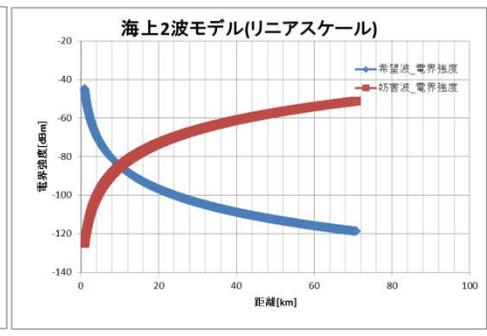
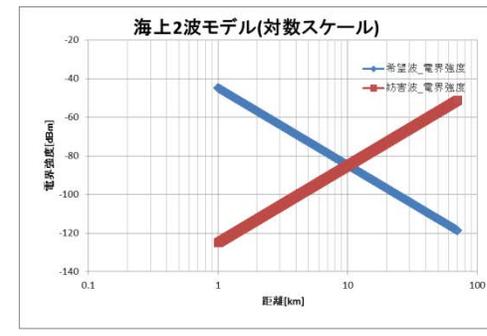
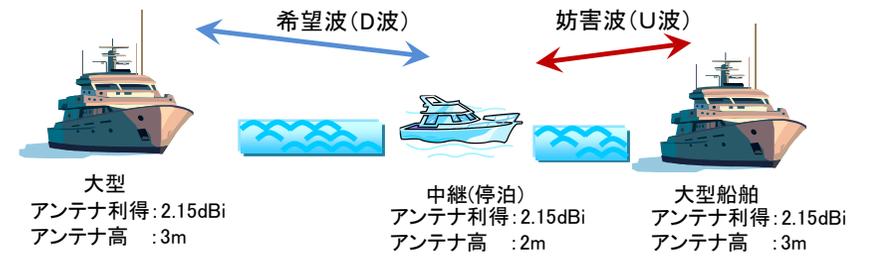
$$D/U比 = 希望波電力(dBm) - 妨害波電力(dBm) = 希望波電力(mW) / 妨害波電力(mW)$$

上記でD/U比が算出できるため、中継位置におけるD/U比の検討においては、それぞれの電力と距離特性を算出することで、算出することができる。

### D/U比の影響概念図:D/U比は中継位置の距離差から生じる

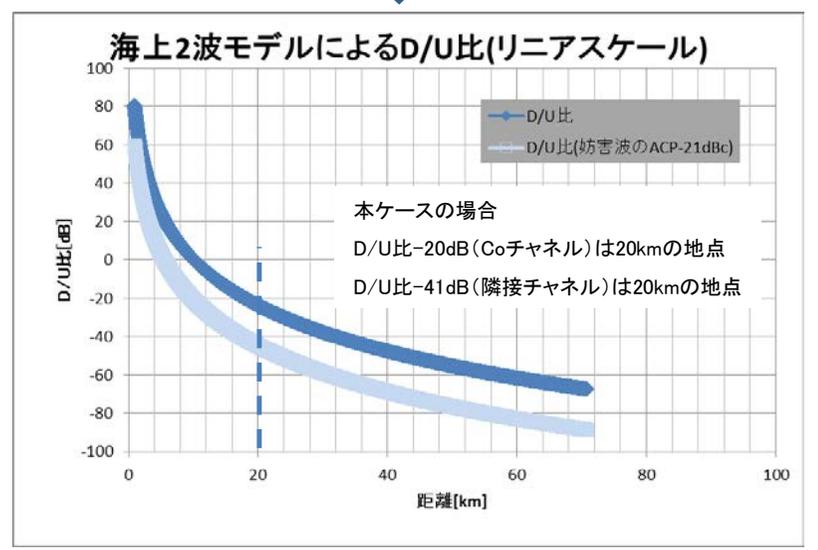
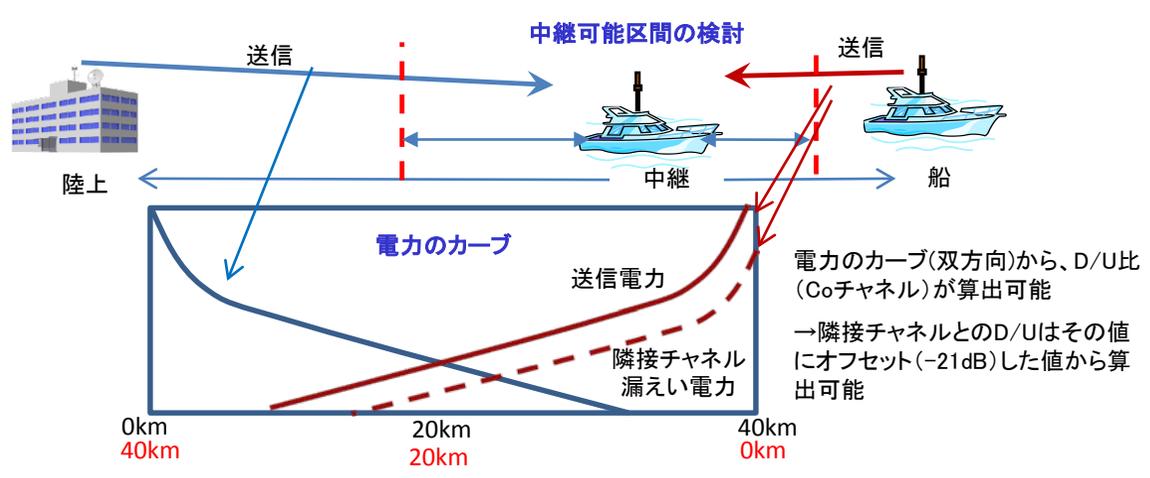


## ■③D/U比計算例



$$D/U比 = 希望波電力(dBm) - 妨害波電力(dBm) = 希望波電力(mW) / 妨害波電力(mW)$$

## ■②中継位置検討モデル(20海里:37km通信、非対称モデル)

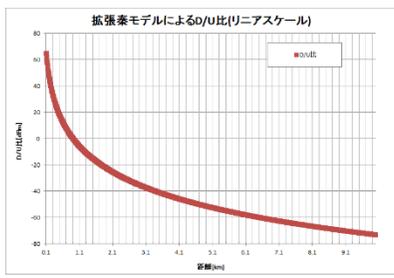
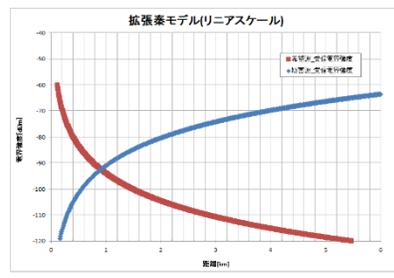
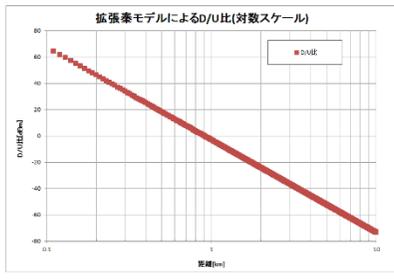
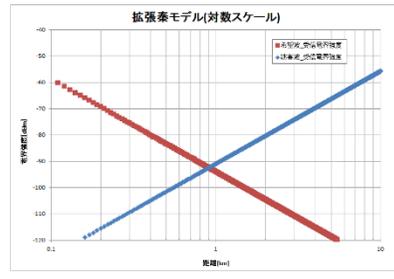


# (参考)D/U比の算出について②

## ■海上伝搬モデルにおける受信電力算出式

海上伝搬モデルにおける受信電力 =  $Tx\_Power + Tx\_ANT - Tx\_Loss + Lp + Rx\_ANT - Rx\_Loss - Margin + Div\_Gain - Other\_Loss$   
 伝搬損失Lp =  $-40 * \log_{10}(d) + 20 * \log_{10}(Ht * Hr)$

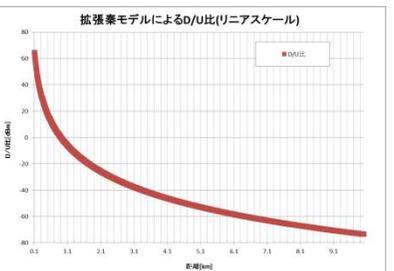
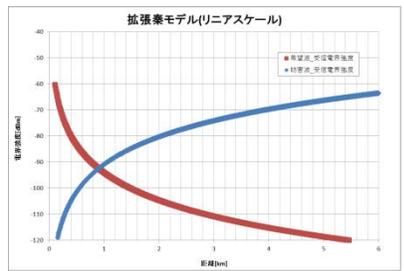
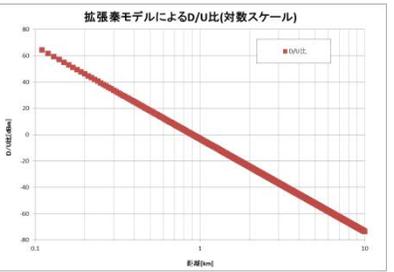
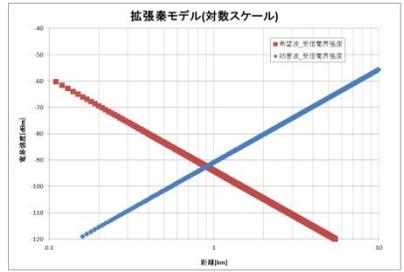
- Tx\_Power :送信電力[dBm]
- Tx\_ANT :送信アンテナゲイン[dBi]
- Tx\_Loss :送信フィーダーロス[dB]
- d :送受信間距離[m]
- Ht :送信アンテナの設置高[m]
- Hr :受信アンテナの設置高[m]
- Rx\_ANT :受信アンテナゲイン[dBi]
- Rx\_Loss :受信フィーダーロス[dB]
- Margin :フェージングマージン[dB]
- Div\_Gain :受信ダイバシティ合成利得[dB]
- Other\_Loss :その他損失
- Lp :伝搬損失



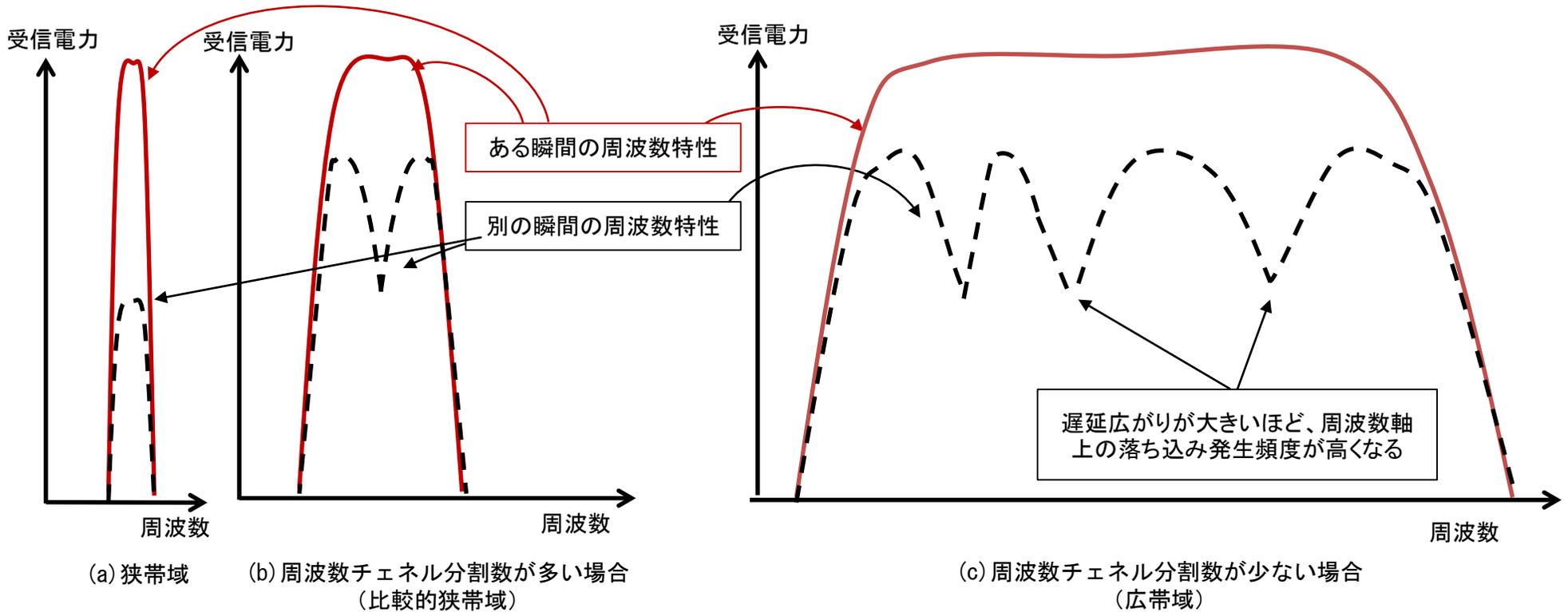
## ■陸上伝搬モデルにおける受信電力算出式

陸上伝搬モデルにおける受信電力 =  $Tx\_Power + Tx\_ANT - Tx\_Loss - Lp + Rx\_ANT - Rx\_Loss - Margin + Div\_Gain - Other\_Loss$   
 伝搬損失Lp =  $= 69.6 + 26.2 * \log_{10}(fc) - 13.82 * \log_{10}(\max\{30; Hb\}) - a(Hm) + [44.9 - 6.55 * \log_{10}(\max\{30; Hb\})] * ((\log_{10}(d))^\alpha - b(Hb))$

- Tx\_Power :送信電力[dBm]
- Tx\_ANT :送信アンテナゲイン[dBi]
- Tx\_Loss :送信フィーダーロス[dB]
- d :送受信間距離[m]
- Ht :送信アンテナの設置高[m]
- Hr :受信アンテナの設置高[m]
- Rx\_ANT :受信アンテナゲイン[dBi]
- Rx\_Loss :受信フィーダーロス[dB]
- Margin :フェージングマージン[dB]
- Div\_Gain :受信ダイバシティ合成利得[dB]
- Other\_Loss :その他損失
- Lp :伝搬損失



○ 周波数選択性フェージングと周波数帯域幅の関係(マルチパス環境を想定)



帯域が狭い為、すべてのパイロット信号受信に失敗する確率が高くなり、フラットフェージングと同等の影響をうけてしまう。そのため、誤り訂正効果が期待できない場合がある。

帯域が広いため、常に周波数波数選択性フェージングの影響を全帯域に渡って受けるが、信号再生に必要なパイロット信号の受信確率は高くなる。そのため、周波数インターリーブ、誤り訂正符号等の信号処理により、フェージング耐性を向上させることができる。